

С- 786762

На правах рукописи



Кондратьева Надежда Владимировна

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ
КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЛИСТОВОГО СТЕКЛА
ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ИЗГИБЕ
РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

Специальность 05.23.01– Строительные конструкции, здания и сооружения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Казань 2011

Работа выполнена в ГОУВПО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Мурашкин Геннадий Васильевич

Официальные оппоненты: -доктор технических наук, профессор
Солинов Владимир Федорович
-доктор технических наук, профессор
Соколов Борис Сергеевич

Ведущая организация: ОАО «Институт стекла», г. Москва

Защита состоится 4 апреля 2011 г. в 15.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.077.01 при Казанском государственном архитектурно-строительном университете по адресу: 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д.1, в ауд. 3-203 (зал заседания Ученого совета).

С диссертацией можно ознакомиться в в библиотеке Казанского государственного архитектурно-строительного университета.

Автореферат разослан 3 марта 2011 г.

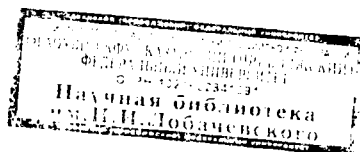
НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000584046

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.т.н., проф.

Л.А. Абдрахманова



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время появились новые области применения листового стекла, такие как стеклянные перекрытия, покрытия, светопрозрачные ограждения, фасадные системы и многие другие конструкции. Появились многоэтажные здания, у которых ограждающие конструкции выполнены полностью из стекла. Стекло все чаще используют не только в качестве светопрозрачного ограждения, но и как несущую конструкцию.

В нормативных документах России отсутствуют конкретные требования по прочности стекла и методы расчета несущих конструкций из стекла.

В последнее время участились случаи разрушения светопрозрачных конструкций. При анализе причин разрушения установлено, что при проектировании конструкций расчет на прочность и деформативность не проводился, прочностные свойства стекла не учитывались.

Учитывая изложенное, *настоящие исследования являются актуальными.*

Целью выполнения настоящих исследований является разработка методики расчета по прочности и деформативности строительных конструкций из листового стекла при поперечном изгибе равномерно распределенной нагрузкой.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие **основные задачи диссертационной работы:**

1 Экспериментально исследовать напряженно-деформированное состояние листового стекла, рассматривая его как пластинку с отношением короткой стороны к толщине (b/h) в диапазоне от 100 до 300, с опиранием по периметру при поперечном изгибе равномерно распределенной нагрузкой. Определить в пластинке зоны с максимальными напряжениями и характер распределения этих напряжений в зависимости от отношения b/h при поперечном изгибе.

2 Разработать методику определения значений максимальных растягивающих, сжимающих и главных напряжений и прогибов в стеклянной

пластинке, при поперечном изгибе равномерно распределенной нагрузкой.

3 Исследовать влияние технологических факторов на прочностные свойства стекла. Выбрать методику определения фактического предела прочности стекла.

4 Предложить классификацию конструкций из листового стекла по степени ответственности.

5 Разработать методику расчета и рекомендации для проектирования строительных конструкций из листового стекла на ветровые, снеговые и другие равномерно распределенные нагрузки с учетом фактической прочности стекла.

Объектом исследования являются светопрозрачные ограждающие конструкции, фасадные системы, перекрытия и покрытия из силикатного листового стекла.

Предметом исследования являются строительные конструкции из силикатного листового стекла квадратной или прямоугольной формы с отношением короткой стороны к толщине (b/h) в диапазоне от 100 до 300 при опирании по периметру, воспринимающие равномерно-распределенную статическую нагрузку.

К научной новизне настоящей работы относятся следующие положения:

1 Разработана инженерная методика расчета конструкций из листового стекла при поперечном изгибе равномерно распределенной нагрузкой.

2 Используя метод равенства внешних сил и внутренних усилий в исследуемом сечении, получены расчетные формулы для определения сжимающих, растягивающих и главных напряжений в угловых зонах пластинки из стекла (зонах максимальных напряжений).

3 Получена расчетная формула для определения прогиба с учетом изменения жесткости пластинки из стекла от величины нагрузки.

4 Предложена классификация конструкций из листового стекла по степени ответственности с учетом этажности здания и действующей нагрузки. В соответствии с данной классификацией введены дифференцируемые

коэффициенты запаса прочности, используемые при определении расчетного сопротивления стекла.

Практическая значимость исследований. Результаты настоящих исследований могут быть использованы при расчете светопрозрачных конструкций, фасадных систем, покрытий и перекрытий из стекла на восприятие ветровых, снеговых и других равномерно распределенных нагрузок. Разработанная программа расчета конструкций из стекла позволяет определять максимальные главные напряжения в стекле и рассчитывать толщину стекла с учетом его фактического предела прочности и класса ответственности светопрозрачных конструкций.

Апробация результатов исследований. Результаты исследования были доложены на одиннадцати международных конференциях, проводимых в России: «Безопасные светопрозрачные и фасадные конструкции» 2007 г. (Самара), «Дни стекла в России» 2008, 2010 г.г, "Проблемы и перспективы монтажа светопрозрачных конструкций" 2008 г. (Москва), «Стеклопрогресс-XXI» 2007 г. (Саратов) и в других странах мира: Glass Processing Days (GPD) Finland 2005, 2007 г.г. (Финляндия), GPD China 2006 г. (Китай), GPD India 2008 г. (Индия), GPD South America 2010 г. (Бразилия), Engineered Transparency 2010 г. (Германия).

Внедрение и реализация результатов исследований. Разработанная методика расчета конструкций из листового стекла была использована при проведении поверочных расчетов несущей способности светопрозрачных ограждений Самарского онкологического центра, офисного здания в Самаре, иллюминаторов морских судов и ледоколов, светопрозрачного ограждения лифтовой шахты в Тольятти, светопрозрачного перекрытия в Волгодонске.

На защиту выносятся следующие положения:

1 Характер напряженно-деформированного состояния квадратных и прямоугольных в плане пластинок из листового стекла с отношением короткой стороны к толщине в пределах от 100 до 300 при поперечном изгибе равномерно распределенной нагрузкой и защемлением по периметру.

2 Результаты теоретических и экспериментальных исследований несущей способности конструкций из листового стекла при поперечном изгибе равномерно распределенной нагрузкой.

3 Методика расчета строительных конструкций из листового стекла квадратной и прямоугольной формы при действии ветровой, снеговой и других видов равномерно распределенных нагрузок.

Публикации. Основные положения диссертационной работы опубликованы в 15 статьях, в том числе три статьи в журнале, входящем в перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий, рекомендованных ВАК РФ, пять статей в зарубежных изданиях.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, 3 приложений, содержит 146 страниц машинописного текста, 77 рисунков, 10 таблиц и список используемых источников из 79 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, определяется цель и решаемые задачи, излагаются научная новизна и практическая значимость исследования.

В первой главе изложена история появления стекла как материала, развития стекольной промышленности, рассмотрено применение в строительстве конструкций из стекла. Проведен анализ существующих в различных странах методов определения прочности и деформативности листового стекла: рассмотрев требования стандартов различных стран, можно отметить, что для расчета прочностных свойств конструкций из листового стекла, в основном, используют видоизмененные формулы С.П. Тимошенко, выведенные для расчета пластинок. Проанализированы результаты, полученные по теории А.С. Вольмира, формулам Н. Маркуса и Вигена. Рассмотрены теории разрушения стекла Г.М. Бартеньева и В.П. Пух.

Для сравнения значений напряжений и прогибов конструкций из листового стекла, полученных по указанным теориям, с фактическими

величинами, были проведены предварительные испытания образцов размером 800×800 и 1500×1500 мм равномерно распределенной нагрузкой с шарнирным опиранием или с частичным защемлением по периметру.

Анализ полученных результатов показывает, что для пластинок с отношением короткой стороны к толщине более 100 рассмотренные теории превышают значения напряжения в стекле в центральной зоне пластинки по сравнению с экспериментом.

Листовое стекло в светопрозрачных конструкциях и фасадных системах зданий и сооружений можно классифицировать как гибкую пластинку, работающую на поперечный изгиб.

Наиболее подробно теория пластинок изложена в работах С.П. Тимошенко и А.С. Вольмира. В своих исследованиях они определяли напряжение как функцию от прогиба и рассматривали центральную зону пластинки.

Предварительными испытаниями было установлено, что максимальные деформации растяжения (ϵ_p) и сжатия ($\epsilon_{сж}$) в стекле при поперечном изгибе равномерно распределенной нагрузкой в пластинках с отношением короткой стороны к толщине в пределах от 100 до 300 возникают не в центральной зоне, как предполагалось рассмотренными теориями, а в приопорных зонах. Максимальный прогиб пластинки превышает ее толщину.

Конструкции из листового стекла необходимо рассматривать как гибкую пластинку с большим прогибом.

Во второй главе приводятся:

- результаты предварительных экспериментальных исследований, выполненных с целью оценки фактического напряженно-деформированного состояния пластинки из стекла;
- сравнение экспериментальных значений и результатов расчета по методу конечных элементов.
- теоретические исследования прочности и деформативности конструкций из листового стекла.

При теоретических исследованиях были приняты следующие предположения и граничные условия:

1 Для силикатного стекла применяется теория прочности по наибольшим нормальным напряжениям, в соответствии с которой разрушение пластинки при изгибе происходит от достижения величины растягивающих напряжений в стекле предельных значений.

2 В стеклянной пластинке при изгибе сохраняется гипотеза плоских сечений, в соответствии с которой деформация по толщине листа изменяется по линейному закону.

3 Отношение короткой стороны пластинки к ее толщине (b/h) находится в диапазоне от 100 до 300.

4 Отношение длинной стороны к короткой (a/b) находится в пределах от 1 до 2.

5 Величина максимального прогиба пластинки больше ее толщины ($f > h$).

Для оценки напряженного состояния стекла в пластинке предлагается использовать метод равенства внешних сил и внутренних усилий в исследуемом сечении.

В реальных конструкциях стекло крепят к конструктивным элементам по четырем сторонам металлическими опорными планками через резиновые уплотнительные прокладки. При теоретических исследованиях такое крепление можно рассматривать, как опирание пластинки по четырем сторонам с частичным защемлением.

Рассмотрим более подробно составляющие эпюры напряжений по толщине пластинки в сечении 1-1 и 2-2 (рисунки 1,2) с учетом экспериментальных данных (рисунок 3).

Напряженному состоянию выделенного элемента по оси x (y) (рисунок 1) соответствует расчетная схема (рисунок 2), которая предусматривает ограничение перемещения по оси x (y) и условную опору в зоне максимального изгибающего момента.

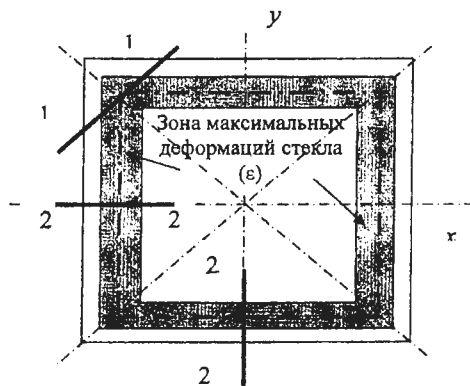


Рисунок 1 - Зона максимальных деформаций в пластинке при поперечном изгибе равномерной нагрузкой

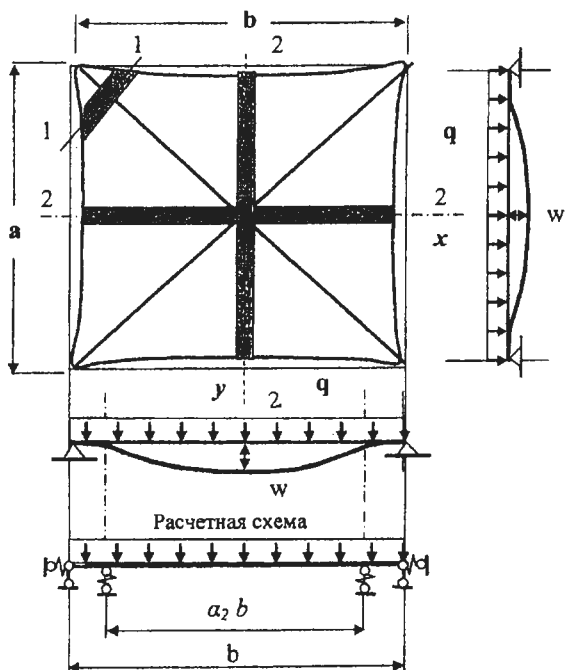


Рисунок 2 - Схема расчетных сечений пластинки

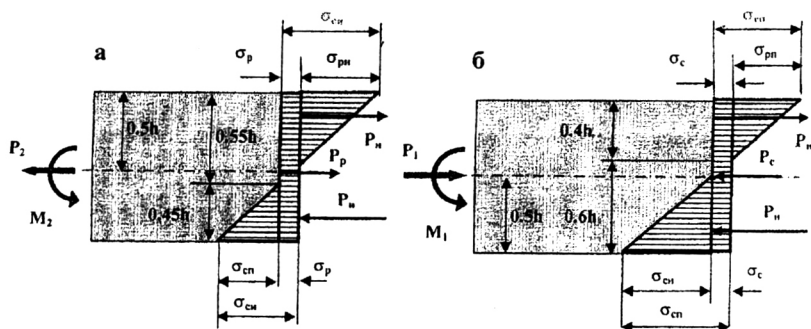


Рисунок 3 – Эпюры напряжений по толщине пластинки:
а- в сечении 2-2; б- в сечении 1-1

Приравняв момент M_2 от внешних сил и момент от внутренних усилий $M_{н-2}$, выраженный через полные растягивающие и сжимающие напряжения в сечении 2-2, получим:

$$c_2 \frac{q \alpha_2^2 b^2}{10} = \frac{0,9 \sigma_{рп} h^2}{6},$$

$$c_2 \frac{q \alpha_2^2 b^2}{10} = \frac{1,1 \sigma_{сн} h^2}{6}.$$

Полные растягивающие и сжимающие напряжения в сечении 2-2 в приопорной зоне будут равны

$$\sigma_{рп} = 0,67 c_2 q \alpha_2^2 \frac{b^2}{h^2}, \quad (1)$$

$$\sigma_{сн} = 0,54 c_2 q \alpha_2^2 \frac{b^2}{h^2}, \quad (2)$$

где $\sigma_{рп}$ – полные растягивающие напряжения, МПа; $\sigma_{сн}$ – полные сжимающие напряжения, МПа; c_2 – коэффициент, учитывающий податливость условной опоры; q – нагрузка на пластинку, Н/мм²; α_2 – коэффициент, определяющий положение условной опоры; b – длина короткой стороны пластинки, мм; h – толщина пластинки, мм.

Уравнения (1) и (2) являются основными уравнениями для определения растягивающих и сжимающих напряжений в сечении 2-2 в приопорной зоне по

осям x и y , для пластинки квадратной формы.

Приравнивая момент M_1 от внешних сил и момент от внутренних усилий $M_{в1}$ в сечении 1-1, получим

$$k \frac{c_1 q \alpha_1^2 b^2}{7,07} = \frac{1,25 \sigma_{pn} h^2}{6}, \text{ или}$$

$$k \frac{c_1 q \alpha_1^2 b^2}{7,07} = \frac{0,83 \sigma_{cn} h^2}{6},$$

$$\sigma_{pn} = 0,68 k c_1 q \alpha_1^2 \frac{b^2}{h^2}, \quad (3)$$

$$\sigma_{cn} = 1,02 k c_1 q \alpha_1^2 \frac{b^2}{h^2}, \quad (4)$$

$$\sigma_c = \sigma_{cn} - \sigma_{pn} = 0,34 k c_1 q \alpha_1^2 \frac{b^2}{h^2}$$

где k – коэффициент, учитывающий неравномерное распределение момента M_2 по длине сторон пластинки; c_1 – коэффициент, учитывающий податливость опоры; q – нагрузка на пластинку, Н/мм²; α_1 – коэффициент, определяющий положение условной опоры; b – длина короткой стороны пластинки, мм; h – толщина пластинки, мм.

Уравнения (3) и (4) являются основными уравнениями для определения растягивающих σ_{pn} и сжимающих σ_{cn} напряжений в сечении 1-1 для пластинки квадратной формы.

Главные растягивающие напряжения в сечении 1-1 с учетом касательных напряжений будут равны

$$\sigma_{\pm} = 0,5 \sigma_{pn} \pm 0,5 \sqrt{\sigma_{pn}^2 + 4 \tau^2}, \quad (5)$$

$$\tau = 0,5 \sigma_c = 0,17 k c_1 q \alpha_1^2 \frac{b^2}{h^2}$$

Для пластинки прямоугольной формы формулы для определения полных сжимающих и растягивающих напряжений приобретают вид:

$$\sigma_{pn} = \left(\frac{a}{b} \right)^{\ell} \cdot 0,68 \, \text{кзг} \, \alpha^2 \frac{b^2}{h^2}, \quad (6)$$

$$\sigma_{cn} = \left(\frac{a}{b} \right)^{\ell} 1,02 \, \text{кзг} \, \alpha^2 \frac{b^2}{h^2}, \quad (7)$$

где $\ell = 3 - \frac{a}{b}$.

Величина и характер изменения прогиба пластинки зависят от величины нагрузки и отношения длинной и короткой стороны к толщине листового стекла.

Для определения прогиба пластинки, при расчете гибких, опертых по четырем сторонам пластинок из стекла, у которых b/h находится в пределах от 100 до 300, а соотношение сторон a/b в пределах от 1 до 2, получено уравнение

$$f = a 10^{-4} (p)^{1/2} (1 - \mu^2), \quad (8)$$

где f – прогиб центральной части пластинки, мм; a , b – длинная и короткая стороны пластинки, мм; $p = \frac{q}{E} 10^{-1} (b/h)^3$; q – равномерно распределенная нагрузка, Н/мм²; E – модуль упругости, МПа; h – толщина пластинки, мм; γ – коэффициент, учитывающий изменение жесткости пластинки при нагружении; μ – коэффициент поперечной деформации.

Формулы для определения коэффициентов k , c_1 , c_2 , α_1 , α_2 и γ получены по результатам экспериментальных исследований образцов листового стекла.

В результате теоретических исследований разработана методика расчета строительных конструкций из листового стекла, позволяющая определять максимальные растягивающие, сжимающие, главные напряжения и величину прогиба пластинки при поперечном изгибе равномерно распределенной нагрузкой.

В третьей главе рассмотрены технологические факторы, влияющие на прочностные характеристики стекла. Стекло – это хрупкий материал, для которого присуща большая разница между теоретической и реальной

прочностью. Влияние технологических факторов на прочностные характеристики стекла очень велико. Для изучения данного вопроса были проведены испытания листового стекла, выпускаемого Борским стекольным заводом, с целью определения предела прочности при изгибе. Испытания проводили на образцах размерами в плане 600×120 мм, толщиной 4 мм, как с шлифованной, так и нешлифованной кромкой. Всего было испытано 60 образцов, отобранных случайным образом из различных участков варочной печи и изготовленных в различное время суток. Гистограмма результатов испытаний представлена на рисунке 4.

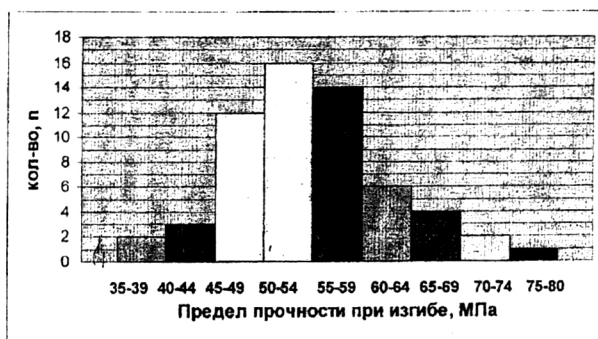


Рисунок 4— Гистограмма распределения предела прочности стекла Борского стекольного завода

Для исследования влияния технологических факторов на прочностные свойства стекла были проведены испытания образцов размерами 120×120 мм, вырезанных из одного листа стекла. Образцы вырезались из пластин 500×850 и 850×850 мм толщиной 6 мм. Предел прочности образцов определяли методом симметричного изгиба. Полученный значительный разброс предела прочности по площади пластины подтверждает большое влияние технологических факторов на прочность стекла.

С целью отработки методики экспериментальных исследований были испытаны образцы различных размеров по трем схемам нагружения: одной, двумя сосредоточенными силами и равномерно распределенной нагрузкой.

Предварительные исследования показали, что наиболее рационально

испытывать образцы со шлифованными кромками, длина которых должна быть в пределах 100 толщин, а ширина $1/5$ длины, по четырехточечной схеме нагружения. По результатам предварительных испытаний была разработана методика определения прочностных характеристик листового стекла при изгибе.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований, их анализ, сравнение с теоретическими значениями и методика расчета конструкций из листового стекла при поперечном изгибе равномерно распределенной нагрузкой. Предложена классификация светопрозрачных конструкций по степени ответственности, приведены рекомендации для проектирования конструкций из листового стекла.

Испытанные образцы были изготовлены на различных предприятиях России (Борский стекольный завод, Саратовский стекольный завод, ОАО «Мосавтостекло»), а также стекло турецких производителей. Некоторые образцы изготавливали специально для испытания, например, образцы размером 1500×1500 мм толщиной от 6 до 19 мм были изготовлены фирмой ОАО «Мосавтостекло». Другие образцы были изъяты из светопрозрачных конструкций в процессе их обследования.

Целью настоящих экспериментальных исследований было определение фактического напряженно-деформированного состояния конструкций из листового стекла при поперечном изгибе равномерно распределенной нагрузкой, подтверждение гипотез и предпосылок, принятых при теоретических исследованиях.

Для всех образцов были определены модуль упругости и коэффициент поперечной деформации - μ .

Испытание образцов листового стекла на поперечный изгиб проводили на специально разработанных и изготовленных для этой цели установках. Равномерно распределенную нагрузку создавали отрицательным давлением воздуха, т.е. вакуумом. Нагрузку создавали ступенями с выдержкой на каждой ступени в течение 10 минут. Для оценки напряженно-деформированного

состояния образца, во время испытаний определяли относительную деформацию стекла (ϵ) в сжатой и растянутой зонах, а также измеряли прогиб пластинки с учетом осадки опор. Деформацию стекла измеряли пленочными тензометрическими резисторами (далее тензодатчиками) с базой 10 мм и сопротивлением 200 Ом. В местах с максимальной деформацией стекла и в средней зоне устанавливали розетки из трех тензодатчиков. В качестве вторичного измерительного устройства был использован разработанный в Испытательном Центре «Самарастройиспытания» тензометрический комплекс ТК 50, позволяющий измерять деформацию с точностью 1×10^{-6} единиц относительной деформации. Прогиб образцов и осадку опор измеряли механическими индикаторными головками с ценой деления 0,01 мм.

Разрушение образцов проходило примерно за 1/20 долю секунды. На рисунке 5 видно, что начало разрушения образцов находилось в верхней угловой зоне в сечении 1-1.

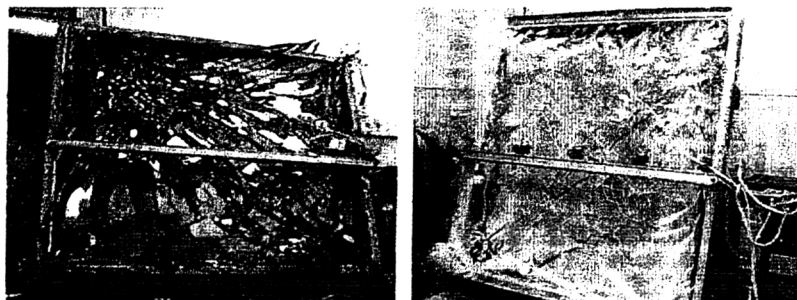
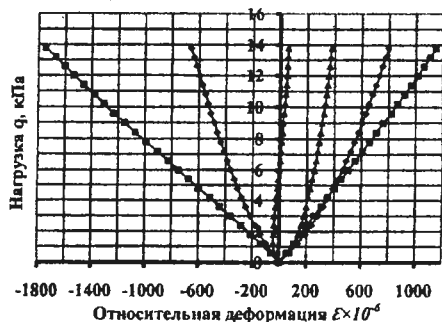


Рисунок 5 - Разрушение образцов 1500 × 1500 мм при испытании

На рисунке 6 приведены графики зависимости деформации стекла в угловой зоне перпендикулярно диагонали (сечение 1-1), в сечении 2-2 и в средней зоне образца от величины нагрузки. Из графика видно, что максимальные деформации стекла (ϵ) наблюдаются в угловой зоне. В средней зоне при $b/h = 254$ деформации во всех направлениях растягивающие.

На рисунке 7 приведены графики деформации стекла перпендикулярно диагонали в образцах с отношением $b/h = 254$ и 99 на различных уровнях нагружения.

Образец 1500x5,9 мм, $b/h=254$



- ■ — - угловая зона перпендикулярно диагонали (сечение 1-1);
- ◆ — - пропорциональная зона по оси x (сечение 2-2);
- ▲ — - центральная зона

Рисунок 6 - Зависимость деформации стекла в сжатой и растянутой зонах от величины нагрузки.

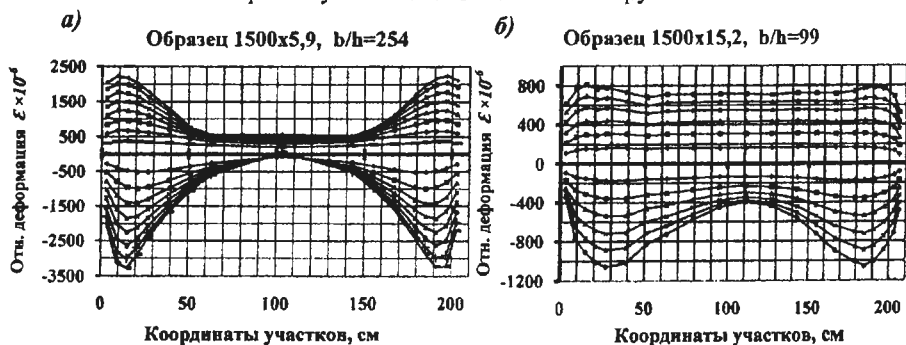


Рисунок 7 - Относительная деформация стекла перпендикулярно диагонали в сжатой и растянутой зонах на различных уровнях нагружения образца:

а) – при отношении $b/h=254$; б) – при отношении $b/h=99$

Из графиков видно, что при уменьшении отношения b/h изменяется характер распределения деформации перпендикулярно диагонали. Аналогичное изменение происходит и в сечении 2-2.

Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований показывает, что теоретически определенные напряжения в стекле и прогиб пластинки хорошо согласуются с экспериментальными значениями. Погрешность для значений максимальных растягивающих и главных напряжений стекла в сечении 1-1 и значений прогиба пластинки составляет не более 10 %.

По результатам исследования разработана методика, включающая

программный продукт «Solid glass», для расчета строительных конструкций из листового стекла при поперечном изгибе равномерно распределенной нагрузкой, которая была апробирована при проектировании светопрозрачных ограждающих конструкций, покрытий и перекрытий.

На рисунке 8 приведено сравнение теоретических, определенных по программе «Solid glass», и экспериментальных значений напряжений и прогиба, полученных при испытании листового стекла размером 1500×1500×6 мм.

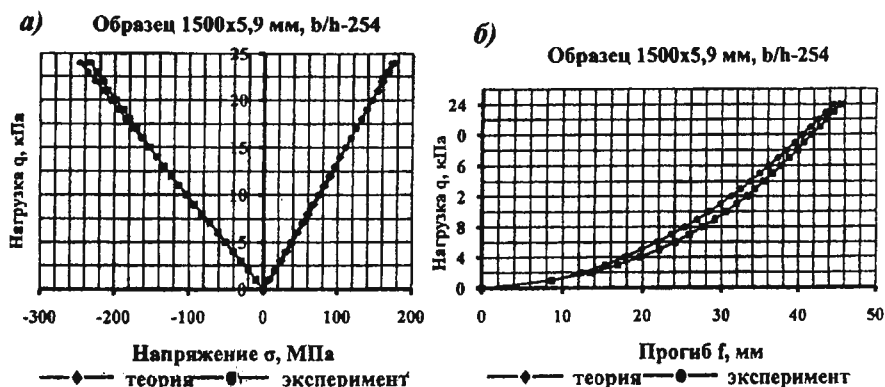


Рисунок 8 - Сравнение экспериментальных и теоретических значений:

а) – напряжение в стекле в сечении 1-1; б) – прогиб образца

Анализ сравнения теоретических и экспериментальных значений, приведенный в 4 главе показывает, что предложенные формулы для определения напряжений (1)-(7) и прогибов (8) подтверждены экспериментально и могут использоваться при расчете конструкций из листового стекла.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1 Экспериментальными исследованиями установлено, что максимальные деформации в стекле (ϵ) пластинки с отношением короткой стороны к толщине b/h от 100 до 300 при поперечном изгибе равномерно распределенной нагрузкой, возникают не в центральной зоне, как предполагалось существующими теориями, а по периметру образцов листового стекла на

расстоянии от края, равном примерно $1/8$ их длины. Максимальный прогиб пластинки превышает ее толщину. Конструкции из листового стекла необходимо рассматривать как гибкую пластинку с большим прогибом.

2 Получены формулы для определения растягивающих и сжимающих напряжений в угловой и приопорной по осям x , y зонах, для определения максимальных главных напряжений и для расчета прогибов пластинок. Значения напряжений и прогибов, полученных по формулам (3), (5), (6) и (8) хорошо согласуются с экспериментальными значениями (погрешность не более 10 %).

3 Подтверждено большое влияние технологических факторов: наличие поверхностных повреждений, внутренних дефектов, ориентация флюат стороны на прочность стекла. Разработана методика для определения прочностных характеристик листового стекла.

4 Предложена классификация конструкций из листового стекла по степени ответственности с учетом этажности здания и действующей нагрузки. В соответствии с данной классификацией введены дифференцируемые коэффициенты запаса прочности, используемые при определении расчетного сопротивления стекла.

5 Разработаны методика, включающая программный продукт «Solid glass», для расчета по прочности и деформативности конструкций из листового стекла при поперечном изгибе равномерно распределенной нагрузкой и рекомендации для проектирования светопрозрачных конструкций.

Цель и задачи, поставленные в настоящих исследованиях, выполнены в полном объеме.

В приложении А приведены графические материалы по результатам экспериментальных исследований. В приложении Б – результаты сравнения экспериментальных и теоретических исследований. В приложении В приведены справки о внедрении результатов исследований, выданные ООО «Стеклоиндустрия» г. Самара, ЗАО «Сеневит» Ростовская обл, г. Волгодонск, ОАО «Мосавтостекло» г. Москва.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

В изданиях, входящих в перечень

ведущих рецензируемых журналов и изданий, рекомендованных ВАК РФ:

- 1 Зубков, В. А. Влияние расположения флюат-стороны на прочность листового стекла при изгибе [Текст] / В. А. Зубков, Н. В. Кондратьева // Стекло и керамика: научно-технический и производственный журнал. - 2005. - № 5. - С 11.
- 2 Кондратьева, Н. В. Экспериментальные исследования прочности листового стекла при поперечном изгибе [Текст] / Н. В. Кондратьева // Стекло и керамика: научно-технический и производственный журнал. - 2006. - № 2. - С. 5-7.
- 3 Зубков В. А. Расчет прочности листового стекла при поперечном изгибе [Текст] / В. А. Зубков, Н. В. Кондратьева // Стекло и керамика: научно-технический и производственный журнал. - 2009. - № 5. - С. 14-16.

В других изданиях:

- 4 Зубков, В. А. Стекло должно быть не только светопрозрачным, но и прочным [Текст] / В. А. Зубков, Н. В. Кондратьева, А.Г. Чесноков, С.А. Чесноков // Строй-инфо. - 2004. - №18. - С. 17-18.
- 5 Зубков, В. А. Почему весной в стеклах светопрозрачных конструкций появляются трещины [Текст] / В. А. Зубков, Н. В. Кондратьева // Светопрозрачные конструкции. - 2005. - № 3. - С. 48-49.
- 6 Зубков, В. А. При проектировании светопрозрачных конструкций необходимо учитывать прочность стекла [Текст] / В. А. Зубков, Н. В. Кондратьева // Светопрозрачные конструкции. - 2005. - №6. - С. 15-16.
- 7 Kondratieva, N. Analysis of the Flat Glass Strenght Properties [Text] / N. Kondratieva, V. Zubkov, A. Chesnokov, S. Chesnokov // Glass processing days

2005. Conference Proceedings. - Tampere (Finland), 2005, June. - С. 527-529.
- 8 Zubkov, V. Ultrasonic Technique for Sheet Glass Structure Investigation [Text] / V. Zubkov, N. Kondratieva // Glass processing days 2005. Conference Proceedings. - Tampere (Finland), 2005, June. - С. 410-412.
- 9 Kondratieva N. Experimental and theoretical study of flat glass strength at cross bending [Text] / N. Kondratieva, V. Zubkov // Glass processing days 2006. Conference Proceedings. - Beijing (China), 2006, April. - С. 118-127. (Статья опубликована на английском и китайском языках).
- 10 Зубков, В. А. Исследование прочности листового стекла при поперечном изгибе [Текст] / В. А. Зубков, Н. В. Кондратьева // Светопрозрачные конструкции. - 2006. - № 6. - С. 43 - 48.
- 11 Кондратьева, Н.В. Прочность листового стекла в светопрозрачных конструкциях [Текст] / Н.В. Кондратьева, В. А. Зубков // Сборник докладов 3-й Международной конференции. - Саратов, 2007. - С. 190 - 195.
- 12 Zubkov, V. Characteristics of calculation of flat glass in translucent structures [Text] / V. Zubkov, N. Kondratieva // Glass performance days 2008. Conference Proceedings. - New Delhi (India), 2008, December. - С. 27 - 29.
- 13 Кондратьева, Н. В. Использование стекла в современном строительстве как конструкционного материала [Текст] / Н. В. Кондратьева // Градостроительство, реконструкция и инженерное обеспечение устойчивого развития городов Поволжья: сборник трудов II Всероссийской научно-практической конференции. - Тольятти, 2009. - № 2. - С. 44-50.
- 14 Кондратьева, Н. В. Прочность листового стекла в фасадных системах, покрытиях и перекрытиях зданий и сооружений [Текст] / Н. В. Кондратьева // Стекло и бизнес. - 2010. - № 2. - С. 40-42.
- 15 Zubkov, V. Flat glass strength in façade systems coverings and floorings of buildings and structures [Text] / V. Zubkov, N. Kondratieva // Glass. Façade. Energy. - Dusseldorf (Germany), 2010. - С. 63 - 70.

10 ~

Подписано в печать 25.02.2011 г. Формат 60*84 1/16
Бумага офсетная . Печать оперативная . Усл.печ.л.1,11
Уч. изд л 1,1 Тираж 100экз Заказ № 1223

Отпечатано с оригинала заказчика в типографии

ООО «Самарский Центр полиграфии М»

Адрес: г Самара, 443010, ул.Галактионовская ,79